

Penentuan Ketersediaan Fosfat Tanah Menggunakan Kurva Erapan pada Sawah Bukaak Baru

The Assessment of Soil Phosphate Availability using Sorption Curve on Newly Open Lowland Areas

A. KASNO, SULAEMAN, DAN SUTISNI DWININGSIH¹

ABSTRAK

Pertumbuhan tanaman padi pada lahan sawah bukaan baru sangat terhambat, terutama oleh rendahnya ketersediaan hara. Penelitian bertujuan mempelajari sifat erapan dan ketersediaan P tanah terhadap pertumbuhan tanaman padi pada lahan sawah bukaan baru. Percobaan lapang dilaksanakan di Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, Propinsi Sumatera Selatan. Analisis erapan P dilakukan di laboratorium dengan menggunakan contoh tanah kering udara dan basah, dengan dua konsentrasi CaCl_2 yaitu 0,01 dan 0,005 M. Status kesuburan tanah di lokasi percobaan sangat miskin dengan hara N, P, K, Ca, Mg dan bahan organik sebagai faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Produksi padi maksimum diperoleh dengan pemupukan 767 kg SP-36, dan batas kritis hara P adalah 5 ppm (Bray 1). Kebutuhan P standar dalam pengekstrak CaCl_2 0,01 dan 0,005 M berturut-turut 0,0051 dan 0,0018 ppm P untuk tanah basah, 0,009 dan 0,003 ppm P untuk tanah kering.

ABSTRACT

Rice growth in the newly open lowland areas is restricted, especially nutrients availability. The purposes of the research as to study the sorption of soil P and soil P availability rice growth of the newly lowland. The field experimental is located at Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, South Sumatra province. Soil P-sorption was analysed in the laboratory for wet and dry soil samples, with two CaCl_2 concentration (i.e.: 0.01 and 0.005 M). Soil fertility status of experimental site is very poor with N, P, K, Ca, Mg and organic matter as limiting factors for crop growth. Maximum rice yield in the site was achieved by P fertilizer application of 767 kg of SP-36, and correspond to available soil P (Bray 1) content of 5 ppm P. The phosphorus standard requirements in 0.01 and 0.005 M CaCl_2 extracting solution are found to be 0.0051 and 0.0018 ppm P for wet soil sample and 0.009 and 0.003 ppm P for dry soil sample respectively.

Keyword : *Newly lowland, Rice production, P-sorption, P-availability, P-standard requirement.*

PENDAHULUAN

Pemupukan yang bertujuan untuk meningkatkan hasil tanaman seyogianya didasarkan pada kebutuhan tanaman akan unsur hara dan kandungan hara dalam tanah. Rekomendasi pemupukan yang diterapkan petani saat ini masih

didasarkan pada sifat tanaman dan potensi tanah secara umum. Uji tanah merupakan salah satu cara untuk menentukan rekomendasi pemupukan berdasarkan kebutuhan suatu jenis tanaman akan unsur hara dan potensi tanah tertentu.

Sebelum mencapai rekomendasi pemupukan, uji tanah dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain: (1) survei karakteristik tanah dan wilayah penelitian, (2) peninjauan status hara tipe tanah utama wilayah penelitian, (3) pemilihan metode analisis atau studi korelasi, (4) kalibrasi uji tanah, (5) pendugaan permukaan respon pemupukan, (6) penelitian efisiensi pemupukan, dan (7) penyusunan rekomendasi pemupukan (Widjaja-Adhi *et al.*, 1994). Sedang menurut Carey (1985) pengembangan uji tanah terdiri atas tiga tahap yaitu: (1) pemilihan metode analisis, (2) korelasi hara terekstrak dengan hara terserap tanaman, dan (3) uji kalibrasi.

Fox dan Kamprath (1970) melakukan penelitian kalibrasi kebutuhan P eksternal yang dilakukan pada tanah lahan kering di wilayah utara dan tenggara North Carolina. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa hasil tanaman (mendekati 95% maksimum) dicapai saat larutan tanah berkadar 0,2 ppm P. Pendugaan kebutuhan P eksternal tanaman jagung pada lahan kering Paleudults di Nakau, Lampung dan Eutruxox di Mauna Loa, Hawaii telah dilakukan oleh Widjaja-Adhi *et al.* (1990) dengan pendekatan lokasi tunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan P eksternal untuk pertumbuhan maksimum tanaman jagung adalah jumlah pupuk P yang dapat memberikan 0,016 μg P/ml larutan tanah. Mulyani *et al.* (1993) melaporkan bahwa

¹ Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor

hasil optimum tanaman padi pada percobaan rumah kaca dengan contoh tanah dari Sulawesi Selatan dan Lombok dicapai antara 0,025-0,035 ppm P dalam larutan.

Kurva erapan P tanah digunakan untuk menentukan kebutuhan P eksternal tanah secara umum, baik lahan kering, sawah lama, sawah bukaan baru, dan lahan rawa. Kebutuhan P internal tanah-tanah tersebut untuk jenis tanaman lain masih perlu ditentukan. Sampai saat ini penentuan rekomendasi pemupukan berdasarkan erapan P menggunakan nilai 0,02 $\mu\text{g/ml}$ larutan tanah. Nilai tersebut merupakan pembulatan dari 0,016 $\mu\text{g/ml}$ yang ditentukan Widjaja-Adhi *et al.* (1990) untuk tanaman jagung.

Penggenangan lahan kering menjadi lahan sawah menyebabkan berbagai perubahan sifat kimia tanah, sehingga mengubah status hara tanah. Penggenangan menaikkan pH, kadar N, P, K, Ca, Mn, Fe, Zn dan Al serta KTK, dan kenaikan maksimum dicapai minggu keempat setelah penggenangan (Adiningsih dan Sudjadi, 1983). Menurut Sulaeman *et al.* (1997) perubahan pH berpengaruh terhadap sifat erapan P dan menyebabkan perubahan ketersediaan hara P. Analisis tanah untuk pembuatan kurva erapan P biasanya menggunakan tanah kering udara. Hal ini dapat merubah sifat tanah menjadi tidak sama dengan kondisi sawah, sehingga kebutuhan P yang didapat dari kurva erapan P akan memberikan hasil yang berbeda dari kondisi lapang.

Penelitian bertujuan mempelajari ketersediaan hara P dengan kurva erapan, tanah pada kondisi basah dan kering, dan konsentrasi CaCl_2 yang digunakan 0,01 dan 0,005 M pada tanah sawah bukaan baru.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dan lapang secara simultan. Penelitian laboratorium menggunakan contoh tanah basah yang diambil dari lokasi penelitian lapang, dilakukan pada bulan September dan Oktober 1997 di Pusat Penelitian

Tanah dan Agroklimat. Sebagian contoh tanah basah dari lapang langsung digunakan untuk penelitian erapan P dan analisis beberapa sifat tanah lain, dan sebagian lagi dikeringudarkan terlebih dahulu. Erapan P tanah diukur dengan metode Fox dan Kamprath (1970) menggunakan dua macam pengekstrak, yaitu 0,01 M CaCl_2 dan 0,005 M CaCl_2 . Agar diperoleh hasil pengukuran yang dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan P eksternal tanah sawah bukaan baru, maka konsentrasi P yang digunakan cukup banyak. Konsentrasi P yang digunakan adalah 0, 10, 20, 40, 80, 120, 160, 200, 250 dan 300 ppm P. Hubungan takaran P eksternal dengan P terlarut dan hasil padi percobaan lapang digunakan untuk menentukan kebutuhan internal dan eksternal P.

Penelitian lapang dilakukan pada tanah sawah bukaan baru di Desa Dwijaya, Kecamatan Tugu. Mulyo Kabupaten Musi Rawas, Sumatera Selatan, pada MH 1997/1998. Penelitian lapang menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan, 15 perlakuan. Perlakuan merupakan kombinasi pemupukan, ameliorasi dan cara pengairan (Kasno *et al.*, 1999). Pupuk yang digunakan dalam perlakuan adalah N, P, K dan Zn, ameliorasi berupa penambahan bahan organik dan nitrat, sedangkan cara pengairan menggunakan penggenangan kontinu dan terputus. Data yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini adalah hasil padi, kadar P dalam tanah dan jerami pada perlakuan beberapa tingkat pemupukan hara P.

Takaran pupuk P untuk tanaman padi sawah pada percobaan lapang sementara diduga aengan menggunakan kurva erapan tanah pada kondisi kering dalam larutan 0,01 M CaCl_2 , dengan kebutuhan P internal dianggap 0,02 $\mu\text{g/l}$. Kurva respon tanaman padi percobaan lapang terhadap pemupukan P digunakan untuk menentukan kebutuhan P internal setiap kondisi tanah dan kepekatan CaCl_2 yang digunakan. Respon tanaman terhadap pemupukan P dihubungkan dengan sifat erapan P tanah untuk menentukan status ketersediaan P tanah dan kebutuhan P eksternal tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat tanah

Menurut Prasetyo (1998) tanah di lokasi penelitian adalah Typic Hapludox, sangat halus, kaolinitik, isohipertermik. Kandungan mineral pasir didominasi oleh mineral kuarsa dan opak, keduanya sangat resisten terhadap pelapukan. Ciri tersebut, menunjukkan bahwa tanah miskin hara dan sudah mengalami perkembangan lanjut. Mineral liat didominasi oleh kaolinit, dan dalam jumlah sedikit terdapat mineral illit dan vermikulit. Tanah bertekstur liat, agak masam, kandungan unsur hara rendah, namun kandungan Al dan Fe cukup tinggi (Tabel 1).

Seperti terlihat pada Tabel 1, kadar P-tersedia tanah basah lebih tinggi, Al lebih rendah dan besi bebas lebih tinggi daripada tanah kering, sedangkan

Tabel 1. Sifat-sifat fisik dan kimia tanah sawah bukan baru dari Desa Dwijaya, Kecamatan Tugumulyo, Kabupaten Musi Rawas, Sumatera Selatan

Table 1. Physical and chemical soil properties of newly opened rice field from Dwijaya Village, Tugumulyo Sub district, Musi Rawas district, South Sumatra

Sifat tanah	Tanah kering udara	Tanah basah (asal)
Tekstur	Liat	
Pasir (%)	8	
Debu (%)	14	
Liat (%)	81	
pH		
H ₂ O	5,2	5,0
KCl	4,1	4,0
Bahan organik		
C (%)	0,58	
N (%)	0,07	
C/N	8	
Ekstrak HCl 25%		
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	4	14
K ₂ O (mg/100 g)	11	22
Bray 1 (ppm P ₂ O ₅)	1,4	7,7
Ekstrak 1N NH ₄ -Acetat, pH 7		
Ca (me/100 g)	1,85	
Mg (me/100 g)	1,49	
K (me/100 g)	0,25	
Na (me/100 g)	0,19	
KTK (me/100 g)	9,15	
KB (%)	41	
1 N KCl		
Al ³⁺ (me/100g)	1,77	1,02
H ⁺ (me/100g)	0,56	0,75
Dithionit Fe (%)	0,52	3,74

pH tanah dapat dikatakan sama. Pada kondisi basah atau tergenang kadar P dan Fe lebih, tersedia, sesuai dengan penelitian Adiningsih dan Sudjadi (1983), yaitu penggenangan meningkatkan kadar N, P, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Al dan EC, dan kenaikan ini mencapai maksimum pada minggu keempat setelah penggenangan. Kondisi lahan sebelum digunakan untuk percobaan memperlihatkan tanaman padi mengalami keracunan besi cukup parah. Lahan sawah di lokasi percobaan baru digunakan selama dua musim tanam. Dengan memperhatikan kenyataan tersebut disimpulkan bahwa kesuburan tanah di lokasi penelitian sangat rendah, sehingga pemupukan hara tersebut dapat meningkatkan produktivitas lahan.

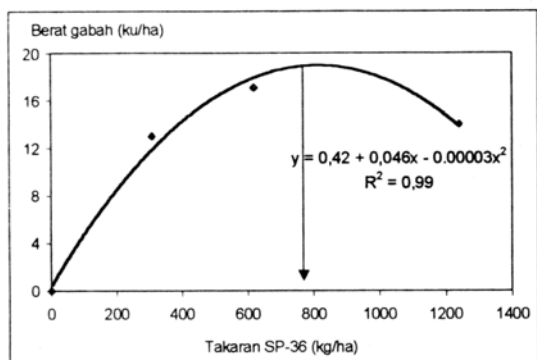
Percobaan pemupukan P di lapangan

Respon hasil gabah

Tanaman padi sangat respon terhadap pemupukan P (Gambar 1). Takaran pupuk untuk mencapai hasil gabah maksimum dicapai pada waktu penambahan pupuk tidak memberikan kenaikan hasil ($dy/dx=0$). Dengan menurunkan persamaan respon pemupukan P maka diperoleh takaran kebutuhan pupuk maksimum, yaitu takaran pupuk yang memberikan hasil gabah maksimum sebesar 767 kg SP-36/ha, setara dengan 120,56 kg P/ha atau 60 ppm P (kedalaman lapisan olah 20 cm). Hal ini disebabkan kandungan hara P (HCl 25%) dalam tanah kurang dari 15 mg P₂O₅/100 g tanah atau status hara P rendah. Demikian juga kandungan P-tersedia (Bray 1) termasuk rendah, sehingga tanah di Tugumulyo perlu pemupukan P tinggi.

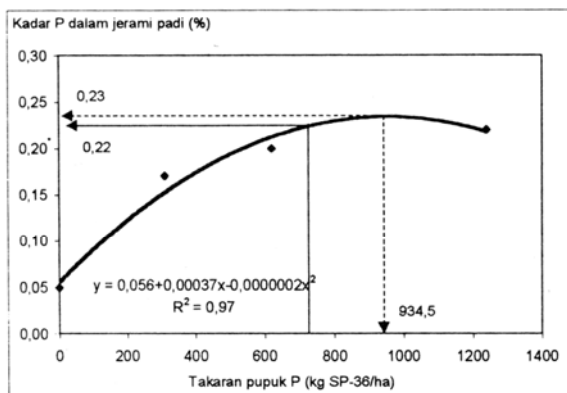
Respon kadar P tanaman

Kurva hubungan kadar P dalam jerami padi dengan takaran pupuk disajikan pada Gambar 2. Pupuk P maksimum, yaitu takaran pupuk yang memberikan kadar P maksimum dalam jerami dicapai pada takaran 934,5 kg SP-36/ha setara dengan 147 kg P/ha, kadar jerami sebesar 0,23%.



Gambar 1. Respon tanaman padi terhadap pemupukan SP-36 di Tugumulyo Musi Rawas, Sumatera Selatan

Figure 1. Response of rice on SP-36 fertilization at Tugumulyo, Musi Rawas, South Sumatra



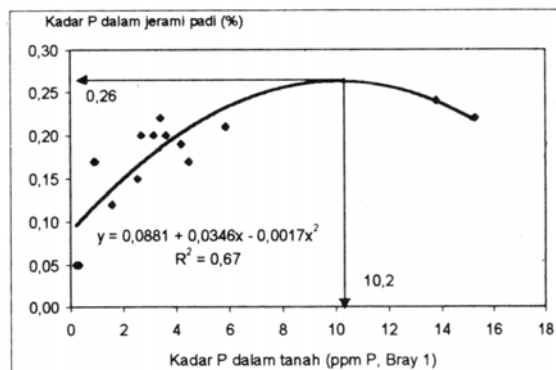
Gambar 2. Hubungan kadar P dalam jerami padi dengan takaran pupuk SP-36, di Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, MH 1997/1998

Figure 2. Relation of P content on rice straw and dosage of SP-36 fertilization at Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, 1997/1998 rainy season

Dengan memasukkan nilai kebutuhan P maksimum yang diperoleh dari kurva Gambar 1 ke dalam Gambar 2 diperoleh kadar P dalam jerami sebesar 0,22%. Nilai ini merupakan batas kritis kadar P dalam jerami padi.

Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dengan kadar P dalam jerami

Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dan kadar P dalam jerami padi disajikan pada Gambar 3. Kadar P maksimum dalam tanah adalah 10,2 ppm P, dan kadar P dalam jerami padi 0,26%.



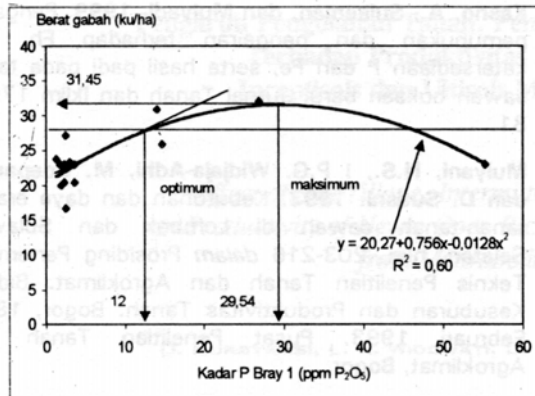
Gambar 3. Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dengan kadar P dalam jerami padi di Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, MH 1997/1998

Figure 3. Relation of P content (Bray 1) in the soil and P content in the rice straw, at Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, 1997/1998 rainy season

Berdasarkan hubungan kadar P dalam tanah dan batas kritis kadar P dalam jerami padi diperoleh kadar P-optimum dalam jerami padi 0,22% yang dicapai pada 5 ppm P terekstrak Bray 1.

Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dengan hasil gabah

Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dan hasil gabah kering disajikan pada Gambar 4. Peningkatan kadar P dalam tanah meningkatkan berat gabah kering. Hasil padi maksimum 31,45 ku/ha dicapai pada kadar P dalam tanah 29,5 ppm P_2O_5 atau setara dengan 12,9 ppm P. Berdasarkan kurva linier plato diperoleh batas kritis P dalam tanah 12 ppm P_2O_5 setara dengan 5 ppm P. Nilai batas kritis ini sesuai dengan nilai yang didapat dari hubungan kadar P dalam tanah dengan kadar P dalam jerami padi. Hasil penelitian Nursyamsi *et al.* (1993) untuk padi sawah di Sulawesi Selatan, kelas ketersediaan hara P dalam pengekstrak Bray 1 pada tanah Aluvial adalah rendah (< 6 ppm P_2O_5), sedang (6-18 ppm P_2O_5) dan tinggi (> 18 ppm P_2O_5). Dengan demikian batas kritis hara P (12 ppm P_2O_5 sama dengan 5 ppm P) pada lahan sawah bukaan baru di Dwijaya sesuai dengan pengkelasan ini, yaitu termasuk sedang.



Gambar 4 Hubungan kadar P (Bray 1) dalam tanah dengan berat gabah kering di Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, MH 1997/1998

Figure 4 Relation of P (Bray 1) content in the soil and dry grain yield at Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas, 1997/1998 rainy season

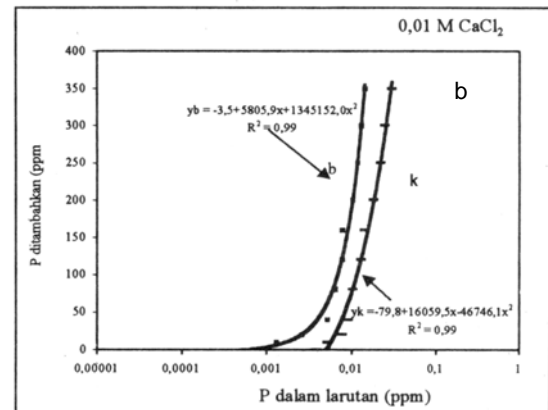
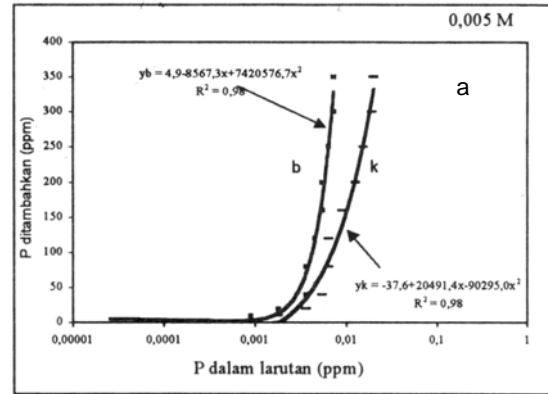
Hasil gabah maksimum yaitu 31,45 ku/ha dicapai pada kadar P dalam tanah 29,54 ppm P_2O_5 , sedang hasil gabah optimum 27,50 ku/ha dicapai pada kadar P dalam tanah 12 ppm P_2O_5 . Pemupukan biasa dilakukan untuk mencapai hasil optimum, karena penambahan takaran pupuk yang lebih tinggi tidak memberikan keuntungan ekonomi.

Percobaan erapan P di laboratorium

Penentuan nilai kebutuhan P internal

Kurva erapan P tanah Dwijaya pada kondisi basah dan kering disajikan pada Gambar 5a dan 5b. Hubungan antara P yang ditambahkan dengan P yang dibebaskan ke dalam larutan tanah digunakan untuk menentukan nilai kebutuhan P internal atau kebutuhan P standar (KPS). KPS dihitung dengan memasukkan takaran pupuk P yang memberikan hasil tanaman padi maksimum (60 ppm P) hasil percobaan lapang. Setelah nilai standar ditemukan, kebutuhan P eksternal untuk tanah-tanah lain dapat ditentukan dengan menggunakan kurva erapan P-nya. Nilai KPS seyogianya tetap untuk semua tanah, namun berbeda bagi setiap jenis tanaman.

Nilai KPS dipengaruhi konsentrasi pengekstrak $CaCl_2$ dan kondisi tanah yang



Gambar 5. Kurva erapan P pada tanah kondisi basah dan kering pada 0,005 M $CaCl_2$ (a) dan 0,01 M $CaCl_2$ (b), tanah dari Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas

Figure 5. P sorption curve on wet and dry condition at 0,005 M $CaCl_2$ (a) and 0,01 M $CaCl_2$ (b), on soil from Dwijaya, Tugumulyo, Musi Rawas

dianalisis. Nilai KPS tanaman padi sawah yang dihasilkan oleh pengekstrak 0,01 M $CaCl_2$ dan 0,005 $CaCl_2$ berturut-turut sebesar 0,0051 ppm P dan 0,0018 ppm P untuk tanah basah, dan 0,009 ppm P dan 0,0034 ppm P untuk tanah kering. Al-Jabri *et al.* (1997) mendapatkan nilai P prediksi (KPS) pada tanah dari Sumberjaya Sumatera Selatan dan Sungai Tabok-Kalimantan Selatan masing-masing 0,013 dan 0,014 ppm P. Nilai ini jauh lebih tinggi dari nilai yang dihasilkan oleh penelitian ini.

Pengekstrak $CaCl_2$ yang lebih pekat memberikan nilai P terlarut lebih tinggi. Kadar P terlarut yang lebih tinggi akan memberikan akurasi pengukuran yang lebih tinggi pula. Selain itu adanya $CaCl_2$ di dalam pengekstrak akan

menghasilkan ekstrak yang jernih yang juga meningkatkan akurasi pengukuran dalam proses analisisnya, sehingga 0,01 M CaCl_2 dianjurkan untuk digunakan. Contoh tanah yang dikeringkan seperti prosedur yang biasa digunakan memberikan nilai P terlarut lebih tinggi, sehingga dengan perhitungan seperti di atas, kondisi tanah seperti ini lebih baik digunakan daripada contoh tanah basah. Selain itu contoh yang dikeringkan lebih homogen, mudah dan lebih terkontrol proses analisisnya dan stabil dalam penyimpanan.

Nilai P terlarut yang lebih tinggi pada contoh tanah kering disebabkan oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang tidak mengikat P karena terhidrolisis dan mengendap sebagai $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Proses ini menyebabkan dibebaskannya P dari senyawa ferofosfat.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pengekstrak CaCl_2 yang lebih pekat memberikan nilai P terlarut lebih tinggi, sehingga akurasi pengukuran lebih tinggi pula. Selain itu adanya CaCl_2 di dalam pengekstrak menghasilkan ekstrak yang lebih jernih dan meningkatkan akurasi pengukuran. Oleh sebab itu pengekstrak 0,01 M CaCl_2 dianjurkan untuk digunakan dalam analisis erapan P.
2. Nilai kebutuhan P standar dalam pengekstrak 0,01 M CaCl_2 dan 0,005 M CaCl_2 berturut-turut 0,0051 dan 0,0018 ppm P untuk tanah basah, dan 0,009 dan 0,0034 ppm P untuk tanah kering.
3. Batas kritis P tanah terekstrak Bray 1 pada tanah sawah bukaan baru untuk tanaman padi di Dwijaya adalah 5 ppm. Hasil padi maksimum dicapai pada kadar 12,9 ppm P dalam tanah dengan pengekstrak Bray 1.

DAFTAR PUSTAKA

Adiningsih, J.S., dan M. Sudjadi. 1983. Pengaruh penggenangan dan pemupukan terhadap tanah Podsolik lampung Tengah. *Pembr. Penel. Tanah dan Pupuk* 2:1-8.

Al-Jabri, M., Sholeh, L.R. Widowati, A. Hamid, I P.G. Widjaja-Adhi, dan J. Sri Adiningsih. 1997. Penelitian uji fosfat tanah dan analisis tanaman sebagai dasar rekomendasi pemupukan sawah bukaan baru. hlm. 135-153 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kimia dan Biologi Tanah. Cisarua, Bogor, 4-6 Maret 1997. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Corey. 1985. Soil test procedure. *In* J.R. Brown (Ed.). Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation.

Fox, R.I. and E.J. Kamprath. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 902-907.

Kasno, A., Sulaeman, dan Mulyadi. 1999. Pengaruh pemupukan dan pengairan terhadap Eh, pH, ketersediaan P dan Fe, serta hasil padi pada tanah sawah bukaan baru. *Jurnal Tanah dan tklim* 17:72- 81.

Mulyani, N.S., I P.G. Widjaja-Adhi, M. Soepartini, dan D. Sutisni. 1993. Kebutuhan dan daya erap P tanah-tanah sawah di Lombok dan Sulawesi Selatan. hlm. 203-216 *dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah. Bogor, 18-21 Februari 1993. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Nursyamsi, D., D. Setyorini, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1993. Penentuan kelas hara P terekstrak beberapa pengekstrak dengan metode analisis keragaman yang dimodifikasi. hlm. 217-235 *dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah. Bogor, 18-21 Februari 1993. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Prasetyo, B.H. 1998. Penelitian Mineral dan Sifat-sifat Kimia Tanah dalam Kaitannya dengan Kapasitas Erapan pada Tanah Sawah Bukaan Baru. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. (Belum dipublikasikan).

- Sulaeman, Eviati, dan J. Sri Adiningsih. 1997.** Pengaruh Eh dan pH terhadap sifat erapan fostat; kelarutan besi, dan hara lain pada tanah Hapfudbx Lampung. hlm. 1-18 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kimia dan Biologi Tanah. Cisarua, Bogor, 4-6 Maret 1997. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Widjaja-Adhi, I P.G., J.A. Silva, and R.L. Fox. 1990.** Assessment of the external P requirement of maize on Paleudults and Eutruxox. *Pembr. Penel. Tanah dan Pupuk* 9:14-20.
- Widjaja-Adhi, I P.G., M. Al-Jabri, and J. Sri Adiningsih. 1994.** The development of soil testing program for food crop fertilizer recommendation in Indonesia. p. 9.1-9.21. *In* Proceedings the International Workshop on Leaf Diagnosis and Soil Testing as a Guide to Crop Fertilization. Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C. September 12-17, 1994.